



# PENGARUH STEEL SLAG SEBAGAI PENGGANTI AGREGAT KASAR DENGAN FILLER FLY ASH PADA LASTON AC-WC

JF Soandrijanie L dan Yohanes Bagaskara Sitohang\*)

\*) Program Studi Teknik Sipil, Universitas Atma Jaya Yogyakarta, Jl Babarsari 44 Yogyakarta

Email: [jf.soandrijanie@u](mailto:jf.soandrijanie@u) , sitohang9722@gmail.com

## ABSTRAK

Potensi kerusakan prasarana transportasi khususnya jalan menuntut sebuah usaha dan inovasi untuk meningkatkan kualitas campuran perkerasan jalan. Penggunaan steel slag dalam campuran aspal dapat mengganti sebagian penggunaan agregat kasar dan fly ash sebagai filler pada aspal beton AC-WC. Steel slag adalah limbah industri baja, sedangkan fly ash merupakan limbah sisa pembakaran batubara. Pemanfaatan kedua bahan ini diharapkan dapat meningkatkan nilai karakteristik Marshall sekaligus mengurangi limbah tersebut. Penelitian ini menggunakan variasi : steel slag 0% + filler semen 2 %, steel slag 10% + filler fly ash 2 %, steel slag 20% + filler fly ash 2 %, dan steel slag 30% + filler fly ash 2 %, serta aspal pen. 60/70 dengan variasi : 5%, 5,5%, 6%, 6,5%, dan 7% .Dengan pedoman Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Revisi 3, penggunaan steel slag dan fly ash mampu meningkatkan karakteristik Laston AC-WC pada variasi steel slag 10 % + filler fly ash 2 % dengan kadar aspal 5,5 %. Agregat Steel slag dan filler fly ash dalam campuran membuat nilai density, VFWA, dan flow cenderung meningkat seiring bertambahnya kadar steel slag, sedangkan nilai VMA, VITM, stabilitas, dan QM cenderung menurun. Campuran dengan kadar steel slag 0 % dan 10 % menghasilkan nilai KAO 6,5 %, sedangkan untuk steel slag 20 % dan 30 % nilai KAO yaitu 6 %.

Kata kunci: Laston AC-WC, steel slag, fly ash, KAO, karakteristik Marshall

## 1. PENDAHULUAN

Perkerasan lentur (flexible pavement) adalah salah satu jenis perkerasan jalan yang umum digunakan di Indonesia. Kelebihan dari perkerasan lentur adalah tingkat fleksibilitas/ kelenturan yang bisa menimbulkan rasa nyaman pada kendaraan yang melintas di atasnya. Beban kendaraan yang terlalu berat dan temperatur yang tinggi dapat menyebabkan lapis perkerasan ini mudah mengalami retak (crack), cacat permukaan, distorsi, pengausan, dan kegemukan (bleeding).

Penggunaan agregat dalam perkerasan lentur berdasarkan persentase berat mencapai 90-95%, sedangkan berdasarkan persentase volume mencapai 75-85%. Untuk menghemat penggunaan agregat alami, perlu dicarikan bahan alternatif namun tetap menghasilkan mutu yang sesuai dengan syarat yang ditentukan.

Steel slag merupakan limbah yang berbentuk batuan kubikal dari mineral yang digunakan dalam pemurnian baja pada proses tanur tinggi, sedangkan fly ash adalah limbah padat dengan bentuk partikel yang sangat halus yang diperoleh dari hasil sisa pembakaran batu bara di PLTU. Kedua limbah tersebut ketersediaannya sangat melimpah, namun bila tidak ditempatkan dan diolah dengan baik dapat mencemari lingkungan disekitarnya.

Dalam penelitian Rahmawati (2017) mengenai Pengaruh Penggunaan Limbah Steel Slag sebagai Pengganti Agregat Kasar Ukuran 1/2 inch dan 3/8 inch pada Campuran Hot Rolled Sheet Wearing Coarse (HRS-WC), menunjukkan bahwa penggunaan maksimum kadar steel slag 50% dapat meningkatkan nilai stabilitas. Penggunaan fly ash sebagai filler pada campuran aspal beton AC-WC menurut Ahyudanari,dkk (2017) dapat meningkatkan nilai stabilitas campuran aspal beton rata-rata 16,32%.



## 2. LANDASAN TEORI

Perkerasan AC-WC merupakan lapis perkerasan yang terletak paling atas, yang mana berfungsi sebagai lapis aus. Akibatnya, lapis perkerasan ini akan bersentuhan langsung dengan pengguna jalan, khususnya roda kendaraan.

Karakteristik campuran aspal beton yang dirancang untuk lalu lintas berat (jumlah tumbukan perbidang 75x) dan syarat-syarat bahan penyusun yang digunakan pada penelitian yang mengacu pada Bina Marga 2010. Persyaratan campuran Lapis aspal beton dan ketentuan gradasi agregat gabungan untuk campuran aspal harus memenuhi persyaratan seperti pada Tabel 1 dan 2. Karena semua jenis campuran aspal beton harus mengandung bahan pengisi minimal 1% dari total berat agregat, maka dalam penelitian ini digunakan filler sebanyak 2%.

Tabel 1 Persyaratan Campuran Lapis Aspal Beton

Sifat Campuran	Laston AC-WC	
	Min.	Maks.
Stabilitas (kg)	800	-
Kelelahan (mm)	2,0	4,0
Kepadatan (gr/cc)	-	-
Rongga Terisi Aspal (%)	65	-
Rongga Dalam Campuran (%)	3	5
Rongga Antar Butiran Agregat (%)	15	-
Marshall Quotient (kg/mm)	250	-

Tabel 2 Ketentuan Gradasi Agregat Gabungan untuk Campuran Aspal

Ukuran Ayakan (mm)	% Berat yang Lolos Laston (AC)		
	WC	BC	Base
37,5			100
25		100	90 - 100
19	100	90 - 100	76 - 90
12,5	90 - 100	75 - 90	60 - 78
9,5	77 - 90	66 - 82	52 - 71
4,75	53 - 69	46 - 64	35 - 54
2,36	33 - 53	30 - 49	23 - 41
1,18	21 - 40	18 - 38	13 - 30
0,6	14 - 30	12 - 28	10 - 22
0,3	9 - 22	7 - 20	6 - 15
0,15	6 - 15	5 - 13	4 - 10
0,075	4 - 9	4 - 8	3 - 7

## 3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental yang terdiri dari dua tahap. Tahap pertama adalah pengujian bahan-bahan susun campuran aspal beton, yaitu pengujian aspal dan agregat dan tahap kedua adalah uji analisis dan Marshall.

Bahan-bahan, batasan, dan standar yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Aspal yang digunakan adalah aspal penetrasi 60/70 dari PT. Pertamina Cilacap yang diambil di Laboratorium PT. Perwita Karya.
2. Agregat kasar, sedang, dan halus dari Clereng.
3. Filler pada campuran dengan kadar steel slag 0 % menggunakan semen portland dari PT. Holcim Indonesia Tbk. Cabang Yogyakarta.
4. Filler pada campuran dengan kadar steel slag 10 %, 20 %, dan 30 % menggunakan fly ash tipe F dari PLTU Tanjung Jati yang diambil di PT. Holcim Indonesia Tbk. Cabang Yogyakarta.
5. Steel slag yang digunakan sebagai pengganti sebagian agregat kasar (diameter  $\pm 10-20$  mm, lolos #  $\frac{3}{4}$ " dan tertahan # no.4 ) berasal dari Industri Baja CV. Bonjor Jaya Klaten.
6. Bahan - bahan pendukung yang digunakan untuk pengujian bahan campuran aspal seperti : glycerin, talc, NaOH, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, bensin, aquades, larutan standar SE, dan lain - lain.
7. Penelitian yang dilakukan terbatas pada pengujian laboratorium yang mana tiap jenis campuran dibuat duplo dan tidak melakukan pengujian lapangan.
8. Standar yang digunakan dalam penelitian ini mengacu pada Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 revisi 3..



Tabel 3 Variasi Sampel Benda Uji

Kadar Aspal (%)	Aspal Pen. 60/70 + Filler Semen	Aspal Pen. 60/70 + Filler Fly Ash		
	Steel Slag 0 %	Steel Slag 10 %	Steel Slag 20 %	Steel Slag 30 %
5	2	2	2	2
5,5	2	2	2	2
6	2	2	2	2
6,5	2	2	2	2
7	2	2	2	2
<b>Total</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>10</b>

Tabel 9 Pemeriksaan Agregat Kasar

No.	Jenis Pengujian	Syarat	Hasil	Satuan	Keterangan
1	Berat jenis	> 2,5	2,783	gr/cm3	Memenuhi
2	Penyerapan terhadap air	Maks. 3	2,43	%	Memenuhi
3	Soundness terhadap larutan	Maks. 12	0,4975	%	Memenuhi
4	Uji abrasi dengan mesin <i>Los Angeles</i>	Maks. 30%	24,9	%	Memenuhi
5	Kadar Air	Maks. 2	0,514	%	Memenuhi
6	Kelekatan terhadap aspal	> 95	98.95	%	Memenuhi

Tabel 10 Pemeriksaan Agregat Halus

No.	Jenis Pengujian	Syarat	Hasil	Satuan	Keterangan
1	Berat jenis	Min. 2,3	2,89	gr/cm3	Memenuhi
2	Penyerapan terhadap air	Maks. 3	1,41	%	Memenuhi
3	Uji <i>Sand Equivalent</i>	Min 60	100	%	Memenuhi

## 4. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

### 4.1. Hasil penelitian

Dari pengujian bahan dasar penyusun Laston AC-WC yang dilakukan diperoleh: hasil pemeriksaan agregat, pemeriksaan aspal, dan hasil pengujian campuran beton aspal dengan metode marshall. Hasil penelitian tersebut ditampilkan pada tabel berikut:

Tabel 8 Pemeriksaan Aspal Penetrasi 60/70

No.	Jenis Pengujian	Syarat	Hasil	Satuan	Keterangan
1	Penetrasi aspal 25°C	60-70	67,33	mm	Memenuhi
2	Kehilangan berat	≤ 0,8	0,297	% berat	Memenuhi
3	Penetrasi setelah kehilangan berat	≥ 54	66,47	mm	Memenuhi
4	Titik nyala & titik bakar	≥ 232	312 & 318	°C	Memenuhi
5	Titik lembek	≥ 48	51,5	°C	Memenuhi
6	Daktilitas 25°C	≥ 100	102,5	cm	Memenuhi
7	Kelarutan dalam <i>CCL4</i>	≥ 99	99,8	% berat	Memenuhi
8	Berat jenis aspal 25°C	≥ 1	1,036	gr/cm3	Memenuhi

Tabel 11 Pemeriksaan Steel Slag

No.	Jenis Pengujian	Syarat	Hasil	Satuan	Keterangan
1	Berat jenis	> 2,5	2.983	gr/cm3	Memenuhi
2	Penyerapan terhadap air	Maks. 3	1,20	%	Memenuhi
3	Soundness terhadap larutan	Maks. 12	1,38	%	Memenuhi
4	Uji abrasi dengan mesin <i>Los Angeles</i>	Maks. 30%	17,9	%	Memenuhi
5	Kadar Air	Maks. 2	0.290	%	Memenuhi
6	Kelekatan terhadap aspal	> 95	98.1	%	Memenuhi



STEEL SLAG



FLY ASH



Tabel 12 Hasil Pengujian Marshall (Marshall Test)

Parameter Marshall	Syarat	Kadar Aspal	Kadar Steel Slag			
			0%	10% + FA	20% + FA	30% + FA
Kepadatan (gr/cc)	-	5 %	2,1652	2,1706	2,1804	2,1862
		5,5 %	2,1654	2,1750	2,1810	2,1870
		6 %	2,1674	2,1766	2,1815	2,1873
		6,5 %	2,1704	2,1771	2,1829	2,1906
		7 %	2,1716	2,1820	2,1857	2,1911
VITM (%)	3 - 5	5 %	5,19	4,95	4,52	4,27
		5,5 %	4,64	4,22	3,95	3,69
		6 %	4,01	3,61	3,39	3,13
		6,5 %	3,35	3,05	2,79	2,45
		7 %	2,77	2,30	2,14	1,89
VMA (%)	Min. 15	5 %	15,14	14,93	14,54	14,31
		5,5 %	15,53	15,16	14,92	14,69
		6 %	15,85	15,50	15,31	15,08
		6,5 %	16,13	15,87	15,65	15,35
		7 %	16,48	16,08	15,94	15,73
VFWA (%)	Min. 65	5 %	65,72	66,86	68,96	70,19
		5,5 %	70,16	72,20	73,53	74,91
		6 %	74,78	76,81	77,86	79,29
		6,5 %	79,26	80,78	82,13	84,03
		7 %	83,21	85,66	86,60	87,98
Flow (mm)	2 - 4	5 %	2,33	2,38	2,63	3,11
		5,5 %	2,35	2,53	2,76	3,20
		6 %	2,40	2,58	2,80	3,33
		6,5 %	2,53	2,67	3,00	3,35
		7 %	2,60	2,78	3,08	3,65
Stabilitas (kg)	Min. 800	5 %	1272,93	1421,36	1236,49	1107,75
		5,5 %	1266,42	1513,88	1197,91	1095,48
		6 %	1249,10	1442,03	1181,54	1068,21
		6,5 %	1243,77	1435,90	1172,54	1026,80
		7 %	1234,21	1388,92	1159,59	1003,82
QM (kg/mm)	Min. 250	5 %	548,07	598,49	471,65	356,81
		5,5 %	538,91	599,58	435,09	342,54
		6 %	520,78	560,10	422,21	321,36
		6,5 %	493,18	541,03	391,38	307,37
		7 %	474,78	500,87	377,58	275,23
Keterangan		Tidak Memenuhi Syarat				

#### 4.2. Pembahasan

Penambahan kadar steel slag dalam campuran membuat kepadatan masing - masing variasi cenderung mengalami peningkatan. Hal ini dapat terjadi karena tekstur permukaan steel slag yang tidak beraturan dan banyak memiliki bidang pecah mampu mengisi rongga dalam campuran. Peningkatan kadar aspal dan penggunaan filler fly ash akan memperkecil rongga - rongga dalam campuran dan membuat campuran menjadi lebih pampat.

Kemampuan steel slag dalam mengisi rongga udara yang ada akan memperkecil nilai VITM. Penambahan kadar aspal juga membuat penyebaran aspal semakin merata yang menyebabkan campuran menjadi lebih padat. Selain itu dengan adanya filler fly ash, campuran menjadi semakin kedap karena butirannya mampu mengisi rongga - rongga kecil dalam campuran. nilai VMA cenderung mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya kadar aspal yang digunakan dalam campuran. Hal ini menunjukkan bahwa aspal lebih dulu masuk ke dalam pori agregat dan steel slag, sehingga aspal tidak dapat mengisi rongga antar agregat secara menyeluruh. Namun penggunaan fly ash dan peningkatan kadar steel slag dalam campuran membuat nilai VMA pada masing - masing variasi cenderung mengalami penurunan.

Bentuk steel slag yang tidak beraturan dan berpori membuat campuran banyak menyerap aspal, sehingga makin banyak steel slag yang digunakan, rongga yang terisi aspal semakin banyak yang berakibat nilai VFWA semakin meningkat. Disamping itu, butiran fly ash yang sangat halus membuat fly ash mudah berikatan dengan aspal, sehingga dapat mengisi rongga dalam campuran secara bersamaan.

Butiran fly ash yang sangat halus mudah berikatan dengan aspal dan tekstur steel slag yang memperkecil rongga antar butiran agregat mengakibatkan film aspal menjadi tipis dan campuran menjadi agak plastis. Hal ini tidak begitu berpengaruh, karena nilai flow yang diperoleh masih memenuhi syarat Bina Marga.





Seiring bertambahnya kadar aspal dan steel slag dalam campuran membuat nilai stabilitas cenderung sedikit mengalami penurunan. Nilai stabilitas yang dihasilkan masih cukup tinggi, bahkan ada yang mencapai 1,5 kali syarat yang ditentukan oleh Bina Marga.

QM cenderung mengalami penurunan seiring bertambahnya kadar aspal dalam campuran. Hal ini dapat terjadi karena adanya penurunan nilai stabilitasnya dan peningkatan nilai flow, sehingga campuran perkerasan akan mudah mengalami deformasi akibat beban lalu lintas dan mengalami kerusakan lapis permukaan. Namun demikian pada penelitian ini hal di atas tidak menjadi masalah, karena nilai QM yang dihasilkan masih cukup tinggi.

## 5. KESIMPULAN

Steel slag sebagai pengganti sebagian agregat kasar dan fly ash sebagai filler sebanyak 2% mampu meningkatkan atau memperbaiki karakteristik Laston AC-WC. Variasi yang memenuhi syarat untuk digunakan adalah pada campuran kadar steel slag 10% dengan kadar aspal 5,5%-6,5% atau semua variasi kadar steel slag dengan kadar aspal 6%.

Kadar aspal optimum (KAO) untuk kadar steel slag 0% + filler semen 2% berada pada rentang 5,5% - 6,5%, kadar steel slag 10% + filler fly ash 2% berada pada rentang 5,5% - 6,5%, dan kadar steel slag 20% atau 30% + filler fly ash 2% kadar aspal optimumnya adalah 6%.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ahyudanari, E., Ekaputri, J.J., Lizar, 2017, Analisis Pengaruh Penggunaan Filler Fly Ash sebagai Filler pada Perkerasan Lentur dengan Menggunakan Gradasi Halus AC-WC, Gema Aktualita Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Volume 6, no. 2, pp. 70 - 75.
- Bina Marga, 2010, Spesifikasi Umum 2010 (Revisi 3) untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan, Departemen Pekerjaan Umum.
- Rahmawati, A., 2017, Pengaruh Penggunaan Limbah Steel Slag sebagai Pengganti Agregat Kasar Ukuran 1/2 inch dan 3/8 inch pada Campuran Hot Rolled Sheet Wearing Coarse (HRS-WC), Dinamika Rekayasa Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Volume 1, no. 1, pp. 11 - 18.



UJI BJ SSD BRIKET ASPAL



BRIKET ASPAL



PENGUJIAN MARSHALL